

BEST AVAILABLE COPY

**English Abstract of DE 19534501**

Data provided by the European Patent Office

Patent Number: **DE19534501****High density optical recording medium for mass data storage**

Publication date: 1996-05-23

Inventor(s): ELSCHNER ROBERT DIPL PHYS (DE); MACDONALD RAINER DR (DE); EICKLER HANS JOACHIM PROF DR (DE)

Applicant(s): EICKLER HANS JOACHIM PROF DR (DE)

Application Number: DE19951034501 19950905

Priority Number(s): DE19951034501 19950905

IPC Classification: G11B7/007 ; G11B7/24 ; G11B7/12 ; G03H1/26

EC Classification: G03H1/28, G11B7/00H1

**Abstract**

The medium stores data on disk data media having a film suitable for holographic storage. Several sets of information are stored in parallel on the same side of the film using reflection holograms. The information is encoded using holographic multiplexing. The writing beam, which passes through the film, is reflected so that an interference pattern is generated in the film. The information stored at the same position in several reflection holograms is reconstructed using different reading beams whose reflection or transmission is detected.

# **REEDFAX®**

THE PATENT CONNECTION

 A member of the Reed Elsevier plc group

REEDFAX Document Delivery System  
275 Gibraltar Road • Horsham, PA 19044 • USA  
Voice 1.800.422.1337 or 1.215.441.4768  
FAX 1.800.421.5585 or 1.215.441.5463

## **Our services include:**

- U.S. Patents from #1 to current week of issue
- Design and Plant Patents
- Reissue Patents and Re-exam Certificates
- U.S., EP and Canadian File Histories/Wrappers
- Non-US Patents including European and World
- Trademarks and Trademark File Histories
- An Automated System that operates in 15 min. 24 hrs./day, 365 days/yr.
- Dedicated Customer Service Staff

**TO REPORT TROUBLE WITH THIS TRANSMISSION or for REEDFAX CUSTOMER SERVICE, CALL 1.800.422.1337. ONCE CONNECTED, IMMEDIATELY PRESS "0" (ZERO) FOR OPERATOR.**

**TO:** Gwendolyn Sun

**FAX Number:** 3129130002

**Foreign Patent**  
**Company Number:** 5924  
**Account Number:** 1048745  
**Client Reference:** 616/005  
  
**Date:** 7/30/2001  
  
**Control Number:** 168091  
  
**Patent Number:** DE 19534501

**Pages:** 6

**REEDFAX Code:** FP-Fax-High-Lib!+  
**Request Number:** 1

**Order Number:** 329956

**Retrieved by:** \_\_\_\_\_

**Assembled by:** \_\_\_\_\_

**Shipped by:** \_\_\_\_\_

### **CHARGES FOR THIS PATENT:**

Basic Charge:	\$ 16.15
Extra Pages:	\$ 0.00
Special Serv:	\$ 3.42
Surcharge:	\$ 0.00

**Total: \$ 19.57**

### **Discount D5**

Charges listed are for **informational purposes only** and do not include applicable tax, other adjustments or shipping charges.

**\*\*\*\* < THIS IS NOT A BILL > \*\*\*\***



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 34 501 A 1**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑤ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 11 B 7/007**  
G 11 B 7/24  
G 11 B 7/12  
G 03 H 1/28

⑳ Aktenzeichen: 195 34 501.0  
㉑ Anmeldetag: 5. 9. 95  
㉒ Offenlegungstag: 23. 5. 96

DE 195 34 501 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① Anmelder:  
Eickler, Hans Joachim, Prof. Dr., 12105 Berlin, DE

⑦② Erfinder:  
Eickler, Hans Joachim, Prof. Dr., 12105 Berlin, DE;  
Elechner, Robert, Dipl.-Phys., 10713 Berlin, DE;  
Macdonald, Rainer, Dr., 14059 Berlin, DE

⑦④ Optischer Datenspeicher hoher Dichte durch holographisches Multiplexing von Reflexionshologrammen in einer Schicht

⑦⑤ Das bekannte Prinzip der flächenhaften Speicherung von Informationsbits als Bits auf scheibenförmigen optischen Datenträgern soll zur Erhöhung der optischen Speicherdichte und der Datenübertragungsrate durch parallelen Zugriff erweitert werden.

Es werden mehrere Informationsbits gleichzeitig an derselben Stelle unter Ausnutzung der Materiedicke abgelegt. Die Informationsbits werden dabei im selben Schichtvolumen als Reflexionshologramme gespeichert, die durch holographisches Multiplexing kodiert werden. Die Reflexionshologramme entstehen durch die Rückreflexion des von der photoempfindlichen Schicht transmittierten Teils des Schreibstrahles in das beleuchtete Schichtvolumen. Dabei unterscheiden sich die Schreibstrahlen entweder in ihrer Wellenlänge oder in ihrem Winkel zur Schichtnormale untereinander. Die gespeicherte Information kann wieder ausgelesen werden, indem man die Schicht in gleicher oder ähnlicher Weise beleuchtet, wie beim Schreiben und die Reflexion oder Transmission detektiert.

Die Anordnung eignet sich zum Speichern größerer Mengen digitaler Daten und zum schnellen, blockweisen Auslesen. Typische Anwendungsgebiete sind digitales Video und Speicherplatten analog dem CD-ROM mit erhöhter Speicherkapazität und höherer Datenübertragungsrate.

DE 195 34 501 A 1

## DE 195 34 501 A1

1

## Beschreibung

## Gattung des Anmeldungsgegenstandes

Die Erfindung betrifft holographisches Multiplexing in digitalen Massendatenspeichern, bei denen die Information auf optischem Wege in einem flachen Speichermedium abgelegt und von dort wieder ausgelesen werden kann.

In der erfundenen Anordnung werden Reflexionshologramme in einer Schicht gespeichert, die durch Rückkopplung des Schreibstrahles z. B. mittels eines hinter der teildurchlässigen, photoempfindlichen Schicht befindlichen Spiegels entstehen. Dabei können verschiedene Hologramme gleichzeitig im selben Schichtvolumen abgelegt werden (holographisches Multiplexing), indem mit Laserstrahlen verschiedener Wellenlängen oder mit Laserstrahlen, die unter unterschiedlichen Winkeln auftreffen, eingeschrieben wird. Nach Entfernen des Spiegels kann durch geeignete Beleuchtung der Hologramme die Information rekonstruiert werden. Durch die Ausnutzung der Schichtdicke kann so gegenüber einem rein flächenhaften Speicherverfahren eine höhere Dichte und durch die Möglichkeit der parallelen Datenverarbeitung eine hohe Datenübertragungsrate erzielt werden.

## Angaben zur Gattung

In der erfundenen Speicheranordnung wird die binäre Information als Reflexionshologramm in einem schichtförmigen Speichermedium abgelegt. Die beiden Informationszustände werden durch das Vorhandensein eines Hologramms an der entsprechenden Stelle des Datenträgers, bzw. durch das entsprechende Fehlen des Hologramms gespeichert. Als Datenträger wird eine flache Scheibe mit einer photosensitiven Schicht verwendet, in welcher bei Auftreten einer bestimmten Schreibintensität eine intensitätsabhängige Modulation der optischen Eigenschaften erzeugt werden kann, die nach Abschalten der Anregung erhalten bleibt.

Das holographische Multiplexing wird erfindungsgemäß durch die Verwendung mehrerer Laserlichtquellen gelöst, die unabhängig voneinander, gleichzeitig Reflexionshologramme an ein und demselben Ort in der Schicht erzeugen können, indem die Wellenlänge der erzeugenden Laserstrahlen oder der Winkel zur Schichtnormalen variiert wird. Die Information, ob ein Hologramm an diesem Ort mit der entsprechenden Wellenlänge oder unter dem entsprechenden Winkel gespeichert wurde, läßt sich mit der gleichen oder einer ähnlichen Anordnung rekonstruieren, wenn eine erhöhte Reflexion des Laserlichtstrahles detektiert wird, die nur dann auftritt, wenn die Braggbedingung erfüllt ist. Die Braggbedingung ist nur dann erfüllt, wenn an diesem Ort ein Hologramm vorhanden ist, das mit der gleichen Wellenlänge oder unter dem gleichen Winkel erzeugt wurde wie der abfragende Laserstrahl.

## Stand der Technik mit Fundstellen

Es ist bekannt, daß mehrere Hologramme im selben Volumen gespeichert werden können, die durch Zweistrahlinterferenz unter verschiedenen Winkeln erzeugt wurden. Als ein solcher Volumenspeicher wurde z. B. ein photorefraktiver Kristall verwendet. Durch Raumwinkelmultiplexing konnten bis zu 750 Hologramme in

2

einem Fe:LiNbO<sub>3</sub>-Kristall gespeichert werden [S. TAO et. al, Optics Letters, Vol. 18, 11(1993), 912-914]. Anordnungen, die solche Volumenspeichereffekte nutzen, uni zweidimensionale Pixelfelder seitweise zu speichern wurden vorgestellt [PCT/US88/04713, Int. Publ. No. WO 90/08350 und S. REDFIELD, L. HESSELINK, Optics Letters, Vol. 13, 10 (1988), 880-882 und c't 1/1991, 54-58]. Ein dreidimensionaler holographischer Speicher, bei dem die Adressierung der in einem photorefraktiven Kristall gespeicherten Volumenhologramme durch akusto-optische Deflektoren in Kombination mit segmentierten Spiegeln erfolgt, wird beschrieben [F. MOK, D. PSALTIS, G. BURR, SPIE Vol. 1773 Photonic Neural Networks (1992), 334-345].

Weiterhin sind photosensitive Schichten bekannt, die als Speichermedium für Hologramme im Sinne von Braggittern dienen können. Neben den bereits erwähnten photorefraktiven Kristallen existieren photosensitive organische Materialien, in denen reversible holographische Speichereffekte demonstriert wurden, z. B. Azo-Polymere (pDRIA) mit Glasphase [A. NATHANSON, et. al, Macromolecules 25 (1992), 2268-2273], cholesterische flüssigkristalline Siloxane [R. ORTLER, C. BRÄUCHLE, A. MILLER, G. RIEPL, Macromol. Chem., Rapid Commun. 10 (1989), 189-194], niedermolekulare flüssigkristalline Gläser [H.J. EICHLER, R. ELSCHNER, G. HEPPKE, R. MACDONALD, H. SCHMID, Appl. Phys. B 60 (1995)].

Die zur Zeit am weitesten entwickelte optische Speichertechnologie beruht auf Systemen, in denen eine Compact Disc (CD) oder Optical Disc als flacher Datenträger dient. Unabhängig vom Speichermechanismus wird die binäre Information als Pit in der zweidimensionalen Disc Ebene abgespeichert. Ein entsprechendes System, das für digitales Video geeignet ist, wurde vorgestellt [R.L. WILKINSON, SMPTE Journal, Okt. 1994, 656-661].

## Kritik des Standes der Technik

Die maximale Speicherkapazität für die zuletzt genannten Flächenspeicher (z. B. CD, Magneto-optische Speicher) ist gegeben durch  $A/\lambda^2$ , wobei A die genutzte Fläche und  $\lambda$  die Wellenlänge des Lichtes ist, während bei Volumenspeichern für die maximale Kapazität  $V/\lambda^3$  gilt, wobei V das genutzte Volumen bezeichnet. Damit läßt sich eine deutliche Erhöhung der Kapazität entweder durch Übergang zu kürzeren Lichtwellenlängen oder durch den Übergang von flächenhaften zu volumetrischen Speichern verwirklichen. Die Erzeugung kürzerer Wellenlängen mit Halbleiterlasern (blaue Laserdiode oder durch Frequenzverdopplung) ist jedoch zur Zeit technisch noch sehr aufwendig und teuer. Eine Vergrößerung der Kapazität durch Volumenspeicherung erscheint hingegen unter Ausnutzung holographischer Verfahren auch mit den vorhandenen Lichtquellen bereits möglich.

Andererseits sind die bekannten Anordnungen von reinen Volumenspeichern (z. B. mit o.g. photorefraktiven Kristallen) extrem aufwendig und teuer. Es treten dabei Probleme mit der aufwendigen Strahlführung, mit cross-talk-Phänomenen (gegenseitige Beeinflussung der im gleichen Volumen gespeicherten Hologramme beim Auslesen) und mit dem eigentlichen Schreibprozeß im photorefraktiven Kristall auf. Beim Einschreiben eines neuen Hologramms werden dabei die bereits gespeicherten Hologramme wieder ausgewaschen. Die technologischen Schwierigkeiten sind so immens, daß trotz

## DE 195 34 501 A1

3

intensiver Forschung bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt kein solches Volumenspeichersystem auf dem Markt ist. Zusätzlich dürften die Kosten und die Komplexität solcher Systeme auch in absehbarer Zukunft einen Einsatz in einfachen Geräten, wie Videoplayern erschweren.

## Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, in einer einfachen Anordnung die Speicherkapazität dünner scheibenförmiger Datenträger wie der CD durch Ablegen mehrerer Informationsbits an derselben Stelle unter Ausnutzung der Materialdicke zu erhöhen. Die Informationen sollen reversibel gespeichert werden und die Datenübertragungsrate durch parallele Datenverarbeitung gegenüber einer rein seriellen Datenverarbeitung gesteigert werden.

## Lösung

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in scheibenförmigen Speichern ein räumliches Datenmultiplexing mittels holographischer Technik realisiert wird. Dabei werden die Informationsbits als einzelne Reflexionshologramme in eine photoempfindliche Schicht geschrieben. Eine solche Schicht kann aus Photopolymeren bestehen und leicht auf die heute üblichen oder auch andere Disc-Formate aufgebracht werden. Als Kodierungsverfahren zum holographischen Multiplexing kann die bekannte Wellenlängen-, Winkel- oder Phasen-Kodierung dienen. Durch das Speichern von mehreren Informationsbits (Reflexionshologrammen) mit unterschiedlicher Kodierung an einer Stelle auf dem scheibenförmigen Datenträger kann die Speicherdichte gegenüber einfachen Informationspits entsprechend erhöht werden.

Wird für jeweils eine Kodierung eine Laserlichtquelle (oder ein modulierter Teilstrahl einer einzigen Quelle) verwendet, so können die Informationsbits (Reflexionshologramme) an einer Stelle parallel und gleichzeitig gespeichert bzw. später ausgelesen werden. Dadurch wird eine Erhöhung der Datenübertragungsrate gegenüber dem seriellen Schreiben oder Lesen von Einzelpits erreicht.

Die unter dem Stand der Technik aufgeführten Materialien sind für reversible Speicherprozesse, d. h. für lösch- und wiederbeschreibbare optische Datenträger geeignet. Es können auch Materialien verwendet werden, die einmaliges Schreiben und vielfaches Auslesen ermöglichen.

Die Erzeugung der Reflexionshologramme erfolgt durch Reflexion des Schreibstrahles an einem zusätzlichen separaten Spiegel, wie am Anfang der Beschreibung und im Ausführungsbeispiel beschrieben, oder an einer spiegelnden Fläche in Verbindung mit dem Datenträger, z. B. der gering reflektierenden Unterseite der Platte. Bei einer Anordnung ohne separaten Spiegel wird das durch Interferenz in der Schicht entstehende Intensitätsmuster so in eine tiefe Modulation des komplexen Brechungsindex umgesetzt, daß ein Hologramm entsteht, dessen Reflexionsgrad deutlich über dem der spiegelnden Fläche liegt.

Die Speicheranordnung eignet sich bevorzugt für Anwendungen, in denen Daten blockweise geschrieben und gelesen werden (z. B. digitales Video).

4

## Erzielbare Vorteile

Die beschriebene Speicheranordnung besitzt gegenüber einem rein flächenhaften optischen Speicher mit vergleichbaren Ausmaßen der Informationspits (gegeben durch die Laserfleckgröße, die sich durch Fokussierung und Beugungsbegrenzung ergibt) eine vervielfachte Speicherdichte entsprechend der Zahl der pro Fleck kodierten Hologramme. Durch die Möglichkeit des zeitgleichen Schreibens und des zeitgleichen Lesens der kodierten Hologramme an einer Stelle der Speicherplatte ohne mechanische Bewegung der Abtastung läßt sich die Datenübertragungsrate ebenfalls entsprechend vervielfachen.

Bei der Produktion einer solchen Speicheranordnung können vorhandene Schlüsselkomponenten von rein flächenhaften optischen Speichern (Halbleiterlaser, Detektoren, Trackingsysteme, Servosteuerungen etc.) eingesetzt werden. Der zusätzliche konstruktive Aufwand bleibt begrenzt.

## Ausführungsbeispiel

Ein Ausführungsbeispiel für eine Speicheranordnung, die mit Wellenlängenmultiplex für zwei Wellenlängen arbeitet, ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Die binäre Information (zwei Bit pro Schreibstelle) soll durch das Speichern oder Fehlen eines Reflexionshologrammes bei der jeweiligen Wellenlänge verschlüsselt werden. Zur Erzeugung eines Hologramms wird von einer Laserdioden (LD) bei einer Wellenlänge ( $\lambda$ ) ein Schreibstrahl emittiert, der mit einem dielektrischen Spiegel (S) (hochreflektierend bei der jeweiligen Wellenlänge, sonst transmittierend) umgelenkt und mit entsprechenden Linsen (L) auf die photoempfindliche Schicht (PhS) fokussiert wird. Der durch den transparenten Träger (TR) und die Schicht hindurchtretende Schreibstrahl wird an einem auf der abgewandten Seite der Speicherschicht befindlichen Spiegel (RS) (hochreflektierend bei allen Wellenlängen) reflektiert und zurück in das belichtete Schichtvolumen geworfen. Dabei wird eine stehende Welle erzeugt und zu jeder eingestrahnten Wellenlänge  $\lambda$  entsteht ein Intensitätsgitter der Gitterperiode  $\Lambda = \lambda/2$  in der Schicht. Durch die nichtlinearen optischen Eigenschaften des Materials bleibt dieses Gitter (Ho) als Modulation des komplexen Brechungsindex gespeichert (Reflexionshologramm). Das Beschreiben einer neuen Stelle kann nun durch eine mechanische Bewegung des Datenträgers zu den Schreibstrahlen erfolgen.

Im zweiten Teil der Abb. 1 ist die Rekonstruktion der wellenlängenkodierten Informationen an einer Stelle des Datenträgers wiedergegeben. Dazu wird der Spiegel (RS) entfernt. Die erzeugten holographischen Gitter reflektieren beim Auslesen wellenlängenselektiv (Braggreflex), d. h. ein bei einer Wellenlänge gespeichertes Gitter weist nur dann eine hohe Reflexion auf, wenn es mit der gleichen Wellenlänge wieder beleuchtet wird. Dadurch kann dekodiert werden, ob an dieser Stelle des Datenträgers ein Hologramm mit dieser Wellenlänge eingeschrieben wurde oder nicht. Die Reflexion kann detektiert werden, indem das reflektierte Licht mit einem wellenlängenselektiven Spiegel (SD) aus dem Strahlengang ausgekoppelt und über eine Photodiode (PD) in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Zur Vereinfachung wurden in diesem Beispiel nur zwei Laserdioden unterschiedlicher Emissionswellenlängen eingesetzt, prinzipiell kann das Modul durch eine Reihe von Laserdioden erweitert werden, so daß die

## DE 195 34 501 A1

5

Multiplexrate erhöht wird. Eine Begrenzung ist durch die Größe des benutzten Wellenlängenintervalls und die Dicke der Schicht bezogen auf die Wellenlänge gegeben. Das nutzbare Wellenlängenintervall hängt von der Photoempfindlichkeit der Schicht ab.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Abb. 2 dargestellt. Die Funktionsweise ist analog zum o.g. Ausführungsbeispiel, nur daß hier eine Winkelkodierung eingesetzt wird. Die Reflexionshologramme werden von einem Laserdiodenarray (LDA) bei einer Wellenlänge im Zusammenhang mit einem Hohlspiegel (HS) erzeugt. Das Auslesen erfolgt unter Ausnutzung der Winkelabhängigkeit des Braggreflexes. Die Detektion kann beispielsweise mit einem CCD-Chip auf der ab gewandten Seite des Datenträgers erfolgen. Ist an einer Stelle ein holographisches Gitter unter dem entsprechenden Winkel eingeschrieben worden, wird der zugehörige Lese- strahl stark reflektiert. Die Abb. 2 zeigt die Verarbeitung eines konkreten Bitmusters als Beispiel. Das Bit- muster liegt nach dem Auslesen seitenverkehrt vor.

6

8. Optische Anordnung nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, oder 7, bei der die geeignete Schicht ein Photopolymer, ein farbstoffdotiertes organisches Glas, eine photographische Schicht oder eine kristalline, photorefraktive Schicht ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

### Patentansprüche

1. Optische Anordnung zum Datenspeichern auf scheibenförmigen Datenträgern mit einer zum holographischen Speichern geeigneten Schicht, dadurch gekennzeichnet, daß an der gleichen Stelle in der Schicht mehrere Informationen parallel durch Reflexionshologramme gespeichert werden können, die durch holographisches Multiplexing kodiert wurden und dadurch entstehen, daß der die Schicht durchdringende Schreibstrahl so reflektiert wird, daß in der Schicht ein Interferenzmuster erzeugt wird.
2. Optische Anordnung zum Datenauslesen aus einer Schicht, in der nach Anspruch 1 Daten gespeichert wurden, dadurch gekennzeichnet, daß die durch mehrere Reflexionshologramme an der gleichen Stelle gespeicherte Information durch verschiedene Lesestrahlen rekonstruiert wird, indem dessen Reflexion oder Transmission detektiert wird.
3. Optische Anordnungen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionshologramme durch Wellenlängenmultiplexing kodiert werden, wobei mehrere Schreib- oder Lesestrahlen unterschiedlicher Wellenlänge verwendet werden.
4. Optische Anordnungen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionshologramme durch Winkelmultiplexing kodiert werden, wobei mehrere Schreib- oder Lesestrahlen in unterschiedlichen Winkeln zur Schichtnormalen verwendet werden.
5. Optische Anordnung nach Anspruch 1, 3 oder 4, bei welcher der die Schicht durchdringende Schreibstrahl an einem separaten Spiegel oder durch Totalreflexion so zurückgeworfen wird, daß ein Reflexionshologramm entsteht.
6. Optische Anordnung nach Anspruch 1, 4 oder 5, bei der parallel einlaufende Schreibstrahlen mit einem Linsensystem so gebündelt werden, daß sich der Fokus in der Schicht befindet und der genannte Spiegel ein Hohlspiegel ist.
7. Optische Anordnung zum Datenauslesen nach Anspruch 2, 3, oder 4, die durch Weglassen oder Verdecken des in Anspruch 5 oder 6 genannten Spiegels die Rekonstruktion der gespeicherten Information ermöglichen.

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl.®:  
Offenlegungstag:

DE 195 34 501 A1  
G 11 B 7/007  
23. Mai 1996

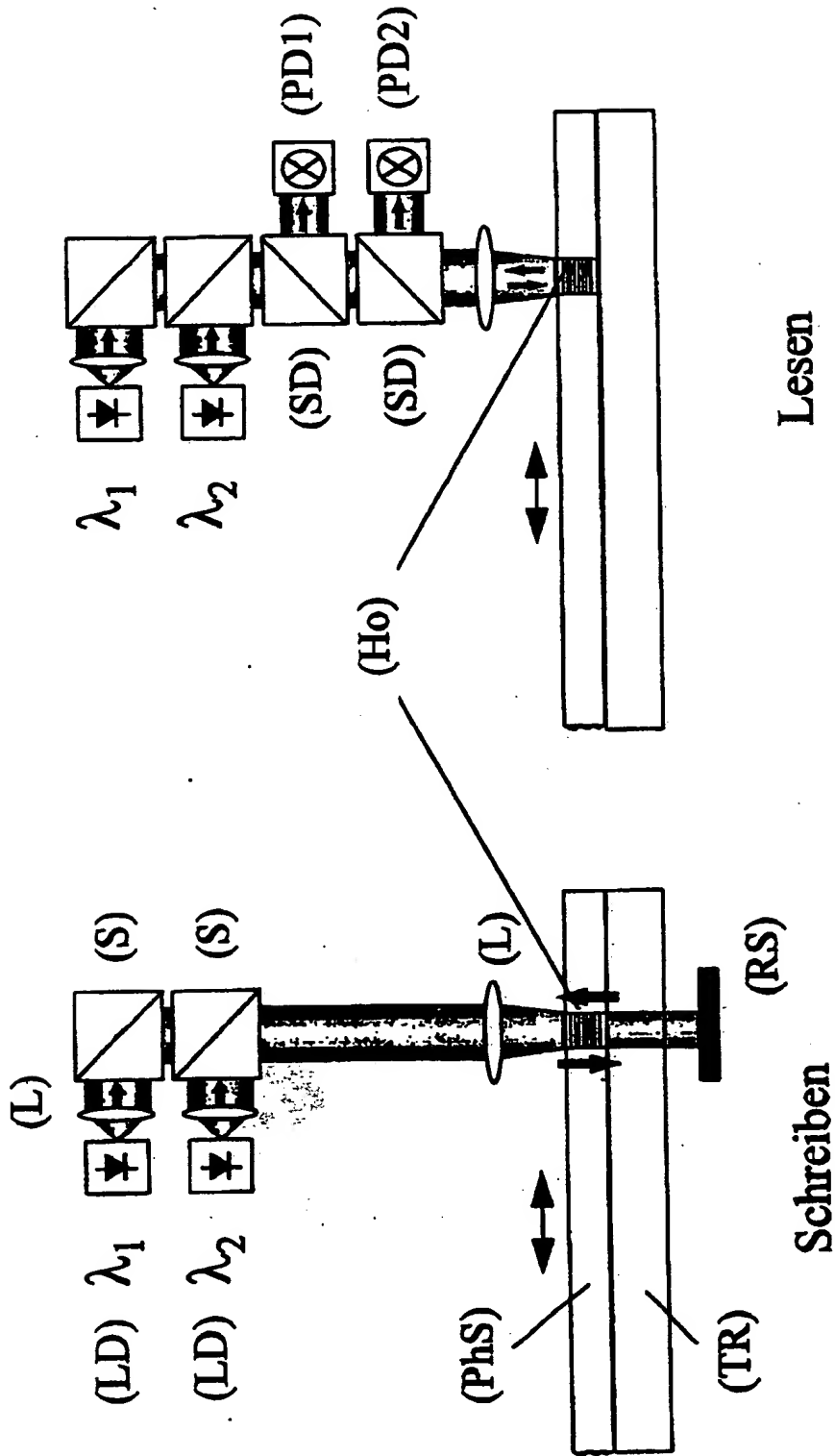
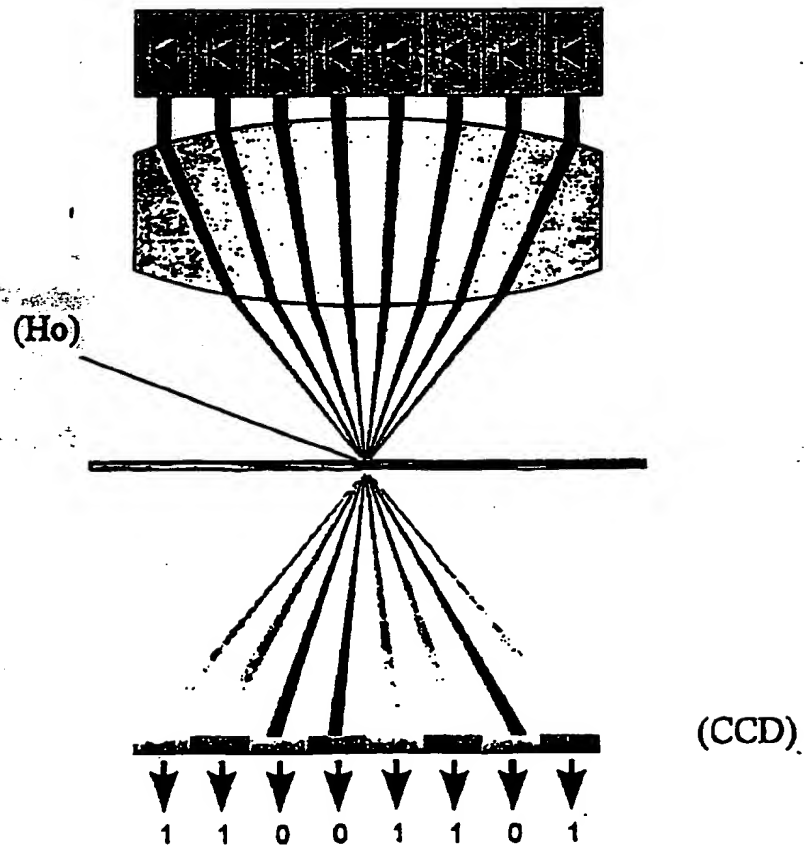
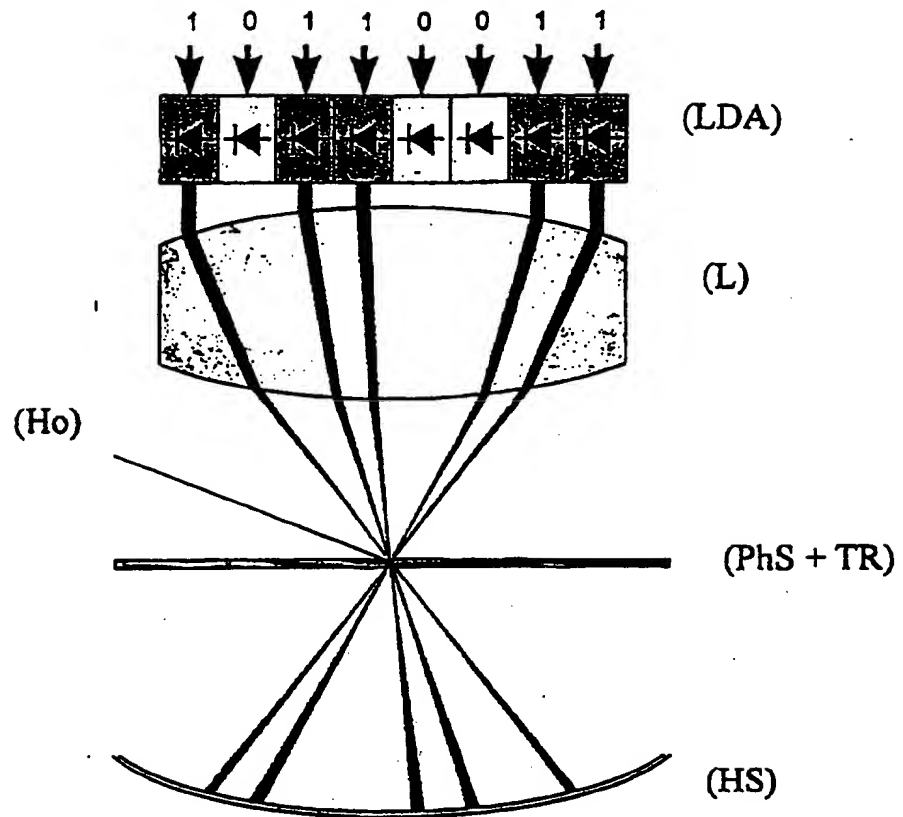


Abb.1

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl.<sup>8</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 195 34 601 A1  
G 11 B 7/007  
23. Mai 1996



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**